

투고일 : 2014. 5. 21

심사일 : 2014. 5. 21

게재확정일 : 2014. 5. 27

여러 보철 치료 술식에 따른 바른 스캐닝 과정과 구강스캐너의 활용

이화여자대학교 의학전문대학원 치과학교실¹⁾, 서울대학교 치의학대학원 치과보철학교실²⁾박지만¹⁾, 박은진¹⁾, 허성주²⁾

ABSTRACT

Suitable scanning procedures for various prosthodontic treatments and the utilization of intraoral scanner

Department of Dentistry, School of Medicine, Ewha Womans University¹⁾Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Seoul National University²⁾Ji-Man Park, D.D.S., Ph.D.¹⁾, Eun-Jin Park, D.D.S., Ph.D.¹⁾, Seong-Joo Heo, D.D.S., Ph.D.²⁾

With the development of digital dentistry, various intra-oral scanners which acquire intraoral image without conventional impression taking and stone pouring steps have been introduced. Fixed dental prostheses such as inlay, onlay, crown, and bridge fabricated by CAD/CAM technique combined with digital impressions is getting popular due to the recent rapid progress of digital impression taking system. In comparison with traditional prosthetic procedure, the advantages of intraoral image acquiring and CAD/CAM technique are as follows; the omission of conventional impression materials, reduced workflow step, and increased efficiency by online communication with clinic and laboratory. This review article covers some opinions about the suitable scanning procedures for the various prosthodontic treatments and the utilization of digital intraoral scanner and CAD/CAM system.

Key words : Digital Dentistry, Dental laboratory scanner, Intra-oral scanner, CAD/CAM

Corresponding Author

Ji-Man Park DDS, PhD

Department of Prosthodontics, School of Medicine, Ewha Womans University 911-1 Mok-5-dong,

Yangcheon-gu, Seoul, 158-710, South Korea

Tel : +82-2-2650-5763, Fax : +82-2-2650-5764, E-mail: jimarn@ewha.ac.kr

I. 서론

디지털 영상획득 기술의 발달로 석고모형을 디지털화하는 것 뿐만 아니라 구강 내 정보를 삼차원 데이터로 얻어 보철물을 제작하는 것이 가능해졌다. 디지털

인상과 함께 캐드캠 기술로 제작한 인레이, 온레이, 크라운, 브릿지 등과 같은 고정식 치과보철물이 점차 보급되고 있으며, 이는 최근 빠르게 발전하는 디지털 인상 채득 시스템에 의한 면이 많다^{1, 2)}. 기공소용 데스크탑 스캐너는 주변광의 영향을 최소화하기 위해 스캐

너를 밀폐하여 왔으나, 최근에는 영향이 적은 파장이 짧은 광원을 사용하면서 스캔 공간을 개방형으로 하여 작업의 효율성을 높이고 있다. 구강 내 스캐너들의 최신 경향은, 3shape사의 Trios라는 스캐너가 2세대 제품으로서 김서림 방지 열선, 컬러 스캔, 본체 없이 개인용 컴퓨터나 아이패드로 조절하는 팟(Pod) 솔루션 등의 발전을 보여 주었고, 3M사의 True Definition 또한 핸드피스 크기의 2세대 제품을 소개하였다. 이들 둘 뿐만 아니라 Sirona사의 고가형 스캐너인 Omnicam, MHT사에서 ZFX, Zirkonzahn, Organical, Goldquadrat사 등 유럽의 여러 회사에 OEM 납품하는 3D Progress 스캐너, 그리고 중소 업체들에서 소개한 a.Tron bluescan-I, ELIOscan 등의 스캐너들이 모두 동영상 촬영 방식을 택하고 있는 등, 구강스캐너의 세대 이동이 이루어지고 있다.

본 논문에서는 다양한 디지털기술을 활용한 수복치료 방법에 맞는 바른 준비와 스캐닝 과정에 관해 소개하며, 구강스캐너의 임상적 사용 시 체크해야 할 점들과 함께 어떻게 하면 치과에서 이를 효율적으로 활용할 수 있는지 살펴보고자 한다.

II. 스캐닝, 디지털워크플로우의 시작점

1) 기공소용 탁상형 스캐너의 활용

전통적인 고정성 보철물의 제작 흐름은 치아 삭제에서 시작하여 인상재를 통한 인상채득, 다이 모형제작 및 마운팅, 왁스업, 매몰 및 주조, 도재 축성, 그리고 장착 등의 과정을 거쳤다. 그러나 디지털 작업흐름의 개념이 생기면서 그 과정이 다양해 졌다. 3M LAVA, Nobelbio care Procera 등 CAD/CAM 기술을 통한 지르코니아 수복물의 제작 과정에는 기공소용 탁상형 스캐너를 통한 다이모형 스캔 과정으로 캐드 소프트웨어상에서 조작하는 가상의 모형을 형성한 후, 디자인 및 가공(CAD/CAM)을 통해 지르코니아 코핑이나 전부 지르코

니아관(monolithic zirconia restoration), 또는 티타늄관이나 팔라듐 합금관(Pd-Ag-In machinable alloy restoration)을 제작할 수 있다. 이러한 탁상용 스캐너에는 모형을 고정하는 스탠드 뿐만 아니라 인상체를 잡는 홀더 등의 다양한 고정장치가 있어 인상체를 스캔할 수도 있다. 모형 스캔 과정은 언더컷이 많아서 몇 차례 나누어서 스캔하게 되는데, 모형 전체를 스캔, 지대치만 장착한 채로 스캔, 화이트재료를 올려놓은 채로, 혹은 대합치와 감합 상태에서 헝크 바이트 스캔 등의 과정을 거친다. 이 때 빠른 스캔을 위해 모형의 표면 반사율을 균일화시키는 파우더를 뿌리고 스캔을 시행한다. 고정식 보철물을 위한 스캔을 할 때에는 지대치와 인접치 사이, 지대치 끼리의 좁은 간격에서의 음영 공간을 스캔하기 위하여 다이 작업을 마친 모형을 스캔하게 되지만, 국소의치와 총의치의 금속구조물 디자인을 위한 경우에는 전통적 인상법으로 기능인상 채득하여 만든 모형 전체를 한 번에 스캔하여 데이터를 얻는다(Fig. 1). 임플란트 증례의 경우, 따로 다이를 만들지는 않으나 임플란트의 위치와 각도, 회전 정보를 인식하기 위해 특별히 디자인하여 캐드 소프트웨어에서 자료화 및 빛반사를 줄이고자 표면처리한 디지털 스캔용 코핑, 또는 스캔바디를 연결하여 스캔한다^{4,5)} (Fig. 2).

2) 구강스캐너를 이용한 구강 내 디지털인상

디지털 수복물 제작 흐름의 또 다른 길은 디지털 구강 인상을 통해 이루어질 수 있다. 캐드 소프트웨어와 밀링머신이 같이 있는 in-office system에서는 구강 내에서 인상 채득 후, 모형제작 대신 캐드 소프트웨어 상에서 마진을 설정하고 라이브러리에서 현재 공간에 적절한 치아 형태를 불러들인 후, 접촉점과 교합점을 술자의 기호에 맞게 수정 후 수복물을 당일에 직접 제작하는 것이 가능하다. 이러한 방식에서는 대부분 제작할 수 있는 수복물의 크기가 제한된 것이 많고, 가철성 보철물 설계 등의 다양한 캐드 소프트웨어로의 응용이 쉽지 않으나, 점차 이러한 제한들이 완화될 전망이다. 작업 흐름의 또 다른 길은 열린 구조(open

임상가를 위한 특집3

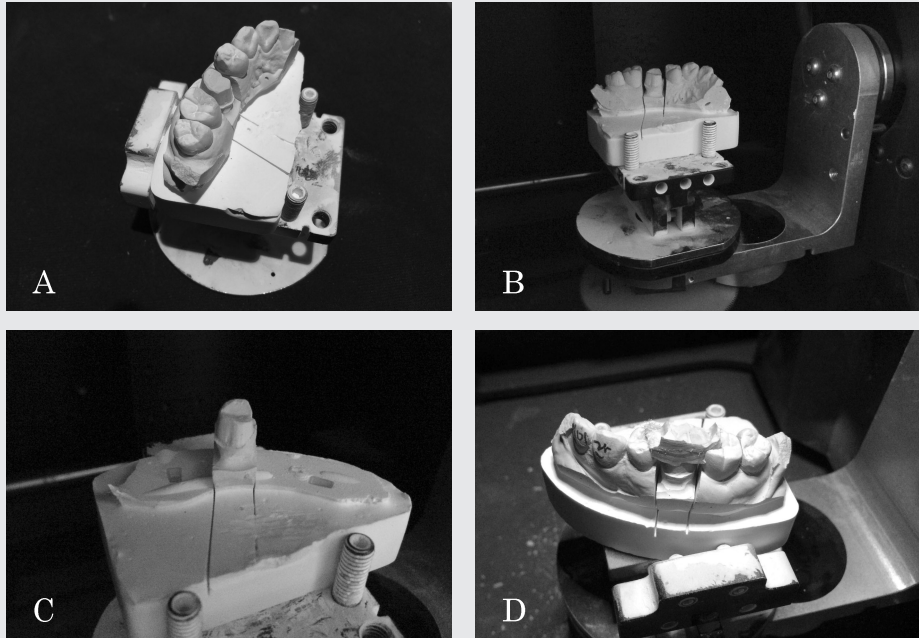


Fig 1. 탁상형 스캐너의 스캔 순서. A: 모형 스캔을 위해서는 일반적으로 다이작업을 한 상태에서 시행한다. B: 모형 전체를 먼저 스캔한다. C: 지대치를 따로 스캔을 하며, 이로서 인접치 방해 없이 마진 하방의 치근 부위 형태 정보도 함께 얻을 수 있다. D: 바이트를 모형에 올려 놓은 채로 스캔하면, 바이트의 음형을 반전시켜 대합치로 인식하게 된다.

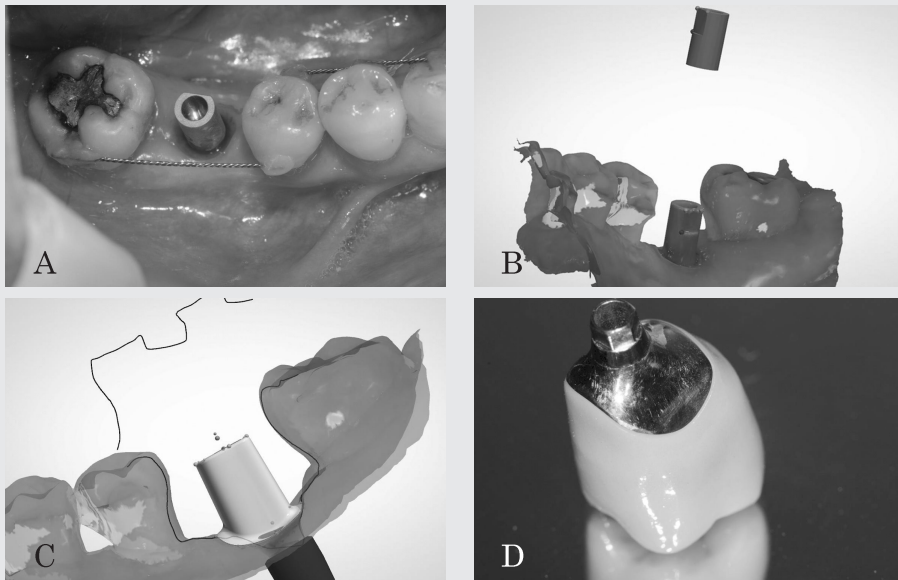


Fig 2. 임플란트를 위한 인상 채득 및 수복물 제작 과정. A: 임플란트 스캔용 코핑을 구강내에 직접 체결, 또는 가공소에서 모형에 체결 후 스캔을 시행한다. B: 얻어진 삼차원 모형의 특정한 점과 캐드 소프트웨어에 내장되어 있는 해당 임플란트 라이브러리의 점을 동일하게 선택 하여 임플란트의 위치를 인식한다. C: 인접치와 치은 연하의 형태에 따라 맞춤형 지대주 및 상부 크라운을 디자인한다. D: 완성된 맞춤형 지대주와 전부지르코니아관, 마진을 제작자 임의로 설정하기 때문에 명확한 이행부를 가진 보철물 제작이 가능하다.

architecture) 시스템에서 볼 수 있는데, 그 중 첫 번째 방법으로 구강에서 직접 디지털 인상을 채득한 다음, 단일관 등의 단순한 수복물의 경우 전부지크로나아관 등의 형태로 모델 없이 바로 제작할 수 있다. 다음으로는 구강 인상 데이터를 가공하여 폴리우레탄 레진 블록을 밀링하거나, 레진을 적층하는 3차원 프린팅 방법으로 모형을 얻을 수 있으며, 이 모형을 캐드캠으로 제작한 코핑 위에 도재 축성할 때 인접치, 대합치와의 관계를 보기 위한 용도로 사용할 수 있다. 마지막 방법으로, 모형 위에 바로 왁스업을 한 뒤 금합금이나 비귀금속합금으로 주조를 하거나, 최근 심미 재료로 많이 사용되는 리튬 디실리케이트 주괴 (lithium disilicate ingot)를 압출 (press)하는 목적으로 모

형을 이용할 수 있다(Fig. 3).

3) 구강스캔 데이터로부터 모형 제작 과정

구강인상 데이터를 모형으로 제작할 경우에는, 모형 제작 소프트웨어 상에서 작업 상 필요없는 영역을 잘라내어 교합에 방해되거나 불필요하게 재료를 많이 사용하지 않게 다듬는다. 지대치의 마진을 설정한 후에 다이의 삽입철거로를 인접치와 조화되는 축방향으로 수정한다. 그 후 감화된 모형을 교합기 상의 최적의 위치에 배열하여 작업 중에 접근이 수월하도록 조정한다. 모형 편집(model building)이 끝난 데이터를 3차원 프린터인 래속조형기(rapid prototyping machine)나 밀링머신으로 전송하여 가공을 하면 모

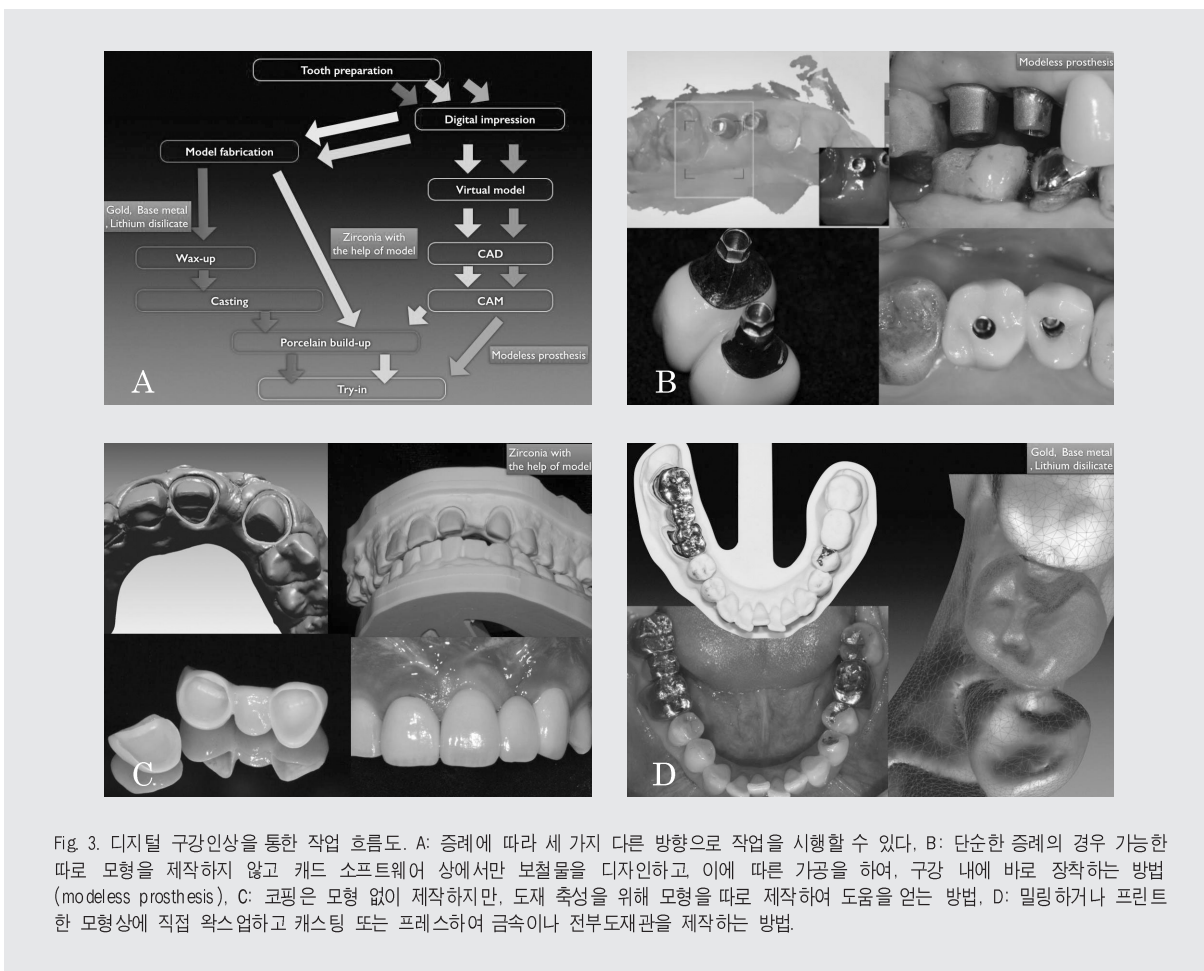


Fig 3. 디지털 구강인상을 통한 작업 흐름도. A: 증례에 따라 세 가지 다른 방향으로 작업을 시행할 수 있다. B: 단순한 증례의 경우 가능한 따로 모형을 제작하지 않고 캐드 소프트웨어 상에서만 보철물을 디자인하고 이에 따른 가공을 하여, 구강 내에 바로 장착하는 방법 (modeless prosthesis). C: 코핑은 모형 없이 제작하지만, 도재 축성을 위해 모형을 따로 제작하여 도움을 얻는 방법. D: 밀링하거나 프린트한 모형상에 직접 왁스업하고 캐스팅 또는 프레스하여 금속이나 전부도재관을 제작하는 방법.

임상가를 위한 특집3

형 제작이 완료된다. 이렇게 제작한 모형을 활용하여 코핑 상부의 도재 축성 또는 다이에 직접 왁스업 작업 등을 할 수 있게 된다(Fig 4).

컴퓨터로 모형을 가공하는 방법은 재료를 깎는 밀링(milling)과 쌓아올리는 쾌속조형(RP, rapid prototyping)으로 크게 나뉘어진다. 가상공간에서 설계한 CAD 데이터를 밀링머신이나 입체 프린터인 RP머신 등의 CAM 장비가 이해할 수 있는 언어로 변환하여 전송하면 이를 깎거나 쌓아올려주게 된다. 쾌속조형법은 산업 영역에서 제품개발에 필요한 시제품을 빠르게 제작해볼 수 있도록 개발된 기술이며, 3차원 CAD 형상을 여러 개의 단면 형상으로 나눈 후 각 단면의 데이터를 한 층씩 적층하여 제작하는 방법이다. 1991년 Kruth JP는 재료에 따라 RP 시스템 방식을 분류하였는데, 액상(liquid), 낱알과 같은 알갱이 재료(discrete), 마지막으로 종이나 판재와 같은 솔리드재료(solid sheets)이다. 이 중에서 치과영역

에 사용되고 있는 RP 시스템은 액체레진이 가득찬 수조에서 선택적으로 UV광이나 레이저 조사를 통해 제작하는 액형기반의 시스템과 미세한 플라스틱 분말을 프린터 헤드에서 분사하면서 레이저로 소결하는 분말기반 시스템이며, 최근에는 금속분말까지 소결하는 고가의 시스템 또한 국소의치 프레임 등의 제작을 목적으로 도입되기 시작하고 있다⁶⁾.

4) 가철성 보철 증례를 위한 스캔 과정

국소의치와 총의치를 위한 3차원 영상 획득 과정은 고정성 보철물과는 다른 방법으로 시행한다. 가철성 증례에서는 의치상의 길이와 두께를 정하기 위한 정보를 얻기 위해서 ‘근육의 변연형성(border molding)’과 하중부담영역을 포함한 기능형 치조제 형태를 얻기 위한 ‘선택적 가압 인상’ 등의 물리적 접촉에 의한 과정이 필요하다. 그러나 단지 영상을 통해서만 얻어지는 구강내 디지털 인상 과정에서는 이러한 작업

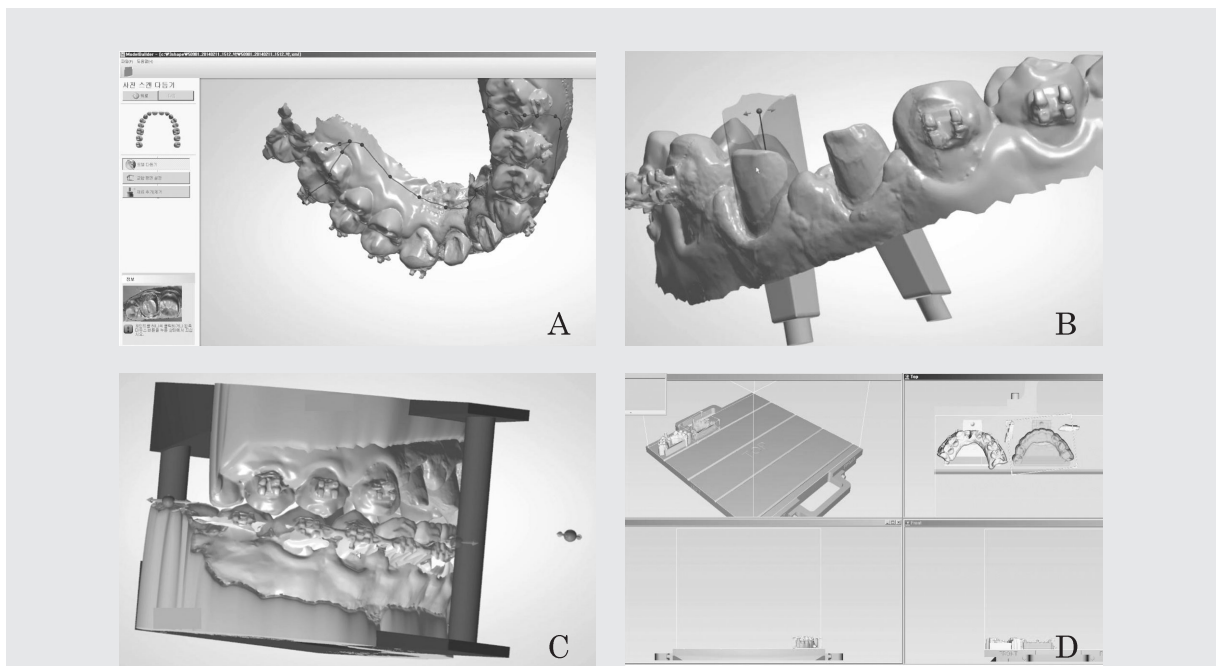


Fig 4. 구강 인상 데이터를 가공하여 모형으로 제작하는 과정. A: 작업상 필요 없는 부분을 트리밍하여 교합기 범위 내에 이상적인 위치를 잡을 수 있도록 한다. B: 인접치와 조화되도록 다이의 삽입철거로를 수정한다. C: 함께 프린트되는 교합안정구조물 사이에 모형이 적절한 위치에 배치되도록 조정한다. D: 쾌속조형기로 가공한 데이터를 쾌속조형기로 전송하여 프린트 작업을 수행한다.

은 불가능하며 해부학적인 인상 채득만 가능하다. 또한 입체적인 참조 구조물이 없고, 반사가 심한 입천장과 같은 부위는 정밀한 스캔이 어렵기 때문에, 현재로서는 전통적인 인상재를 이용한 기능인상으로 먼저 주모형을 제작하고, 이를 기공실에서 탁상형 스캐너로 악궁 형태의 변형 없이 전체 스캔하는 것이 가장 좋은 방법이다(Fig. 5). 스캔 후 획득한 영상을 가철성 수

복물 디자인에 특화된 캐드 소프트웨어 상에서 특수 입력 장치를 통해, 필요한 의치의 각 요소들을 라이브러리에서 불러와서 편집하는 방법으로 금속 구조물 형태를 디자인할 수 있다. 특히 국소의치의 경우에는 전자 서베잉 과정을 통해 언더컷의 정도를 가상의 공간에서 조절할 수 있다^{7, 8)} (Fig. 6).

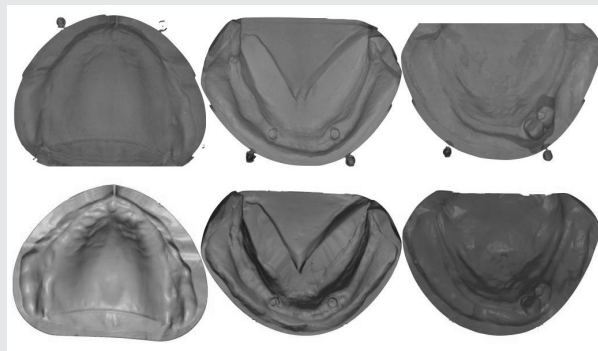


Fig 5. 가철성 증례를 위한 주모형 스캔 과정. 위쪽은 스캐너에 고정된 주모형의 사진이고, 아래쪽은 스캔 후 얻어진 3차원 데이터이다.

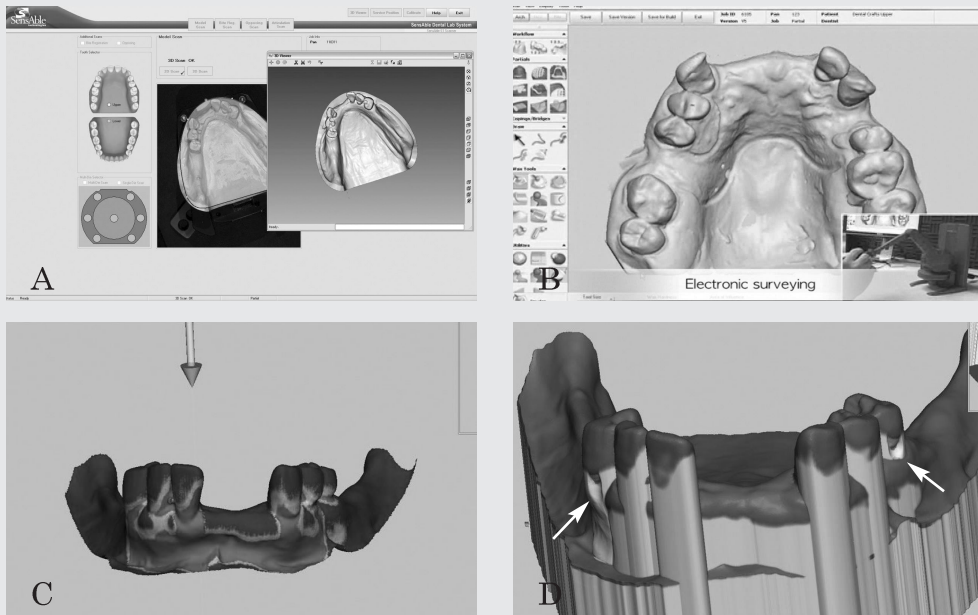


Fig 6. 가철성 수복물의 금속구조물 디자인에 특화된 캐드 소프트웨어 작업 과정. A: 스캐너 조절창에서 영상을 획득한다. B: 의치의 컴퍼넌트들을 불러낸 후, 특수한 입력장치로 이행부위들을 편집하면서 디자인한다. C: 언더컷의 정도를 조절하며 의치의 삽입철거로를 선택한다. D: 전자 서베잉을 통하여 클래스프 유지암의 유지력을 조정한다.(화살표)

Ⅲ. 구강내 디지털 인상채득을 잘 하려면?

3차원 구강스캐너의 보급이 점차 확대되고 있지만, 실제 구강 스캔 시간이 생각보다는 오래 걸려서 치료실에서 실제 사용시에 어려운 점이 있다. 스캐너의 인식률이 떨어지는 특정한 경우에 스캔 과정이 지체될 수 있는데, 가장 큰 원인은 금속 크라운 등의 빛 반사율이 높은 구강 구조물이 있을 때 스캐너가 이를 잘 인식 못하는 경우이다. 최근 소개되고 있는 스캐너들이 파우더를 뿌리지 않고 스캔이 가능하다고는 하지만, 반사율이 심한 표면을 지나갈 때에는 인식률이 떨어지며, 이러한 현상이 있는 경우에는 스캐너를 반사가 덜 되는 각도와 방향으로 바꿈으로서 개선할 수 있다. 또한 교체형 스캐너 팁을 반복적으로 소독하게 되면, 광학창에 잔금과 물때가 끼어서 영상 획득시에 방해가 될 수 있으며, 교체용 팁의 상태를 스캔 전에 체크하는 것이 필요하다. 구강스캐너에서 자주 발생하는 김서림 현상은 실온에서 고온습윤한 구강으로 급격히 환경이 변하기 때문에 생기는데, 스캔 속도가 많이 저하되었을 때 광학창의 김서림 발생 유무 또한 점검한 후에 스캔을 재개하면 스캔 속도를 빠르게 유지할 수 있다.

구강 스캔으로 원하는 치아 형태만 얻는 것은 아니다. 이외에 구강 내 근육과 조직들이 함께 스캔되어 이후 캐드 작업 시에 어쩔 수 없이 조직의 영상이 붙어있는 중요한 치아부위를 임의로 지우고 작업해야 하는 경우가 발생할 수 있다. 이는 특히 견치 부위 근처의 구각부위(mouth corner)에서 자주 생기며, 스캔 중에 구각부위를 적절히 견인하는 것이 필요하다. 그리고 인상채득 직후에 중요한 치아구조물 근처에 연조직의 방해요소(artifact)가 없는지 확인하여야 한다.

디지털 인상을 통해 제작한 수복물의 교합이 장착시에 차이나는 이유는 장비의 3차원재현성능 보다는 협측 바이트 촬영시에 환자를 최대감합위로 유도하는 것을 정확히 못해서, 중심교합위(centric occlusion) 보다 편위된 상태에서 협측 바이트가 채득된 채로 캐드작업을 하여 초래된 바가 더 크다. 특히 무치악 부위

가 많아서 안정적인 중심교합위를 얻지 못하거나, 수직적인 레퍼런스(vertival stop)가 없는 환자인 경우에는 임시치아를 이용하거나 바이트 재료를 통한 인덱스를 활용하여 정확한 교합 인가를 거쳐야 정확한 교합의 보철물을 제작할 수 있다.

구강스캔 과정에 소요되는 시간을 줄기 위한 방편 중의 하나로서 치과의사와 위생사의 업무 분담을 도모할 수 있다. 특히 최근 출시되는 대부분의 동영상 캡처 방식 스캐너는 삼차원 데이터의 부분 삭제 기능이 있다. 치은압배사를 끼고 기다리는 등의 시간에 미리 전체적인 스캔을 한 후에, 중요한 지대치아 주위를 삭제하고 이 부분만 다시 정밀 스캔하는 방법으로 업무 분담을 한다면 디지털 구강인상에 소요되는 시간적인 스트레스를 줄일 수 있을 것이다(Fig. 7).

Ⅳ. 디지털치과학에 대한 치과의사로서의 대비

전통적인 보철 과정과 비교했을 때 구강내 영상 획득과 캐드캠 기술의 장점은 전통적인 인상재 사용의 불필요, 워크플로우 단계의 단순화, 그리고 치과와 기공소 간의 온라인 커뮤니케이션으로 인한 효율성 증가 등을 들 수 있겠다. 그러나 아직까지는 3차원 데이터를 술자가 직접 이용하기보다는 기공소나 밀링센터로 이관하여 보철물 제작 전체를 일임하는 수동적인 과정으로 이루어진 것이 대부분이다. 디지털 기술의 발달은 기공사의 전유물로 여겨져 왔던 CAD/CAM 영역을 진료실까지 확장시켰고 적어도 보철물을 디자인하는 CAD작업에 관해서는 치과의사로서 기본적인 지식을 갖춰야 할 시점이라고 여겨진다. 학부 교육과정 동안 주모형 제작과 다이작업, 왁스 패턴, 매몰 및 주조를 거쳐 최종보철물을 제작하기까지의 과정을 직접 실습해 봄으로써 단계마다 발생할 수 있는 오류를 이해하고 최소화하는 능력을 키우듯이, 프로그램 상에서의 CAD 작업을 실제로 진행해보면서 보철물을

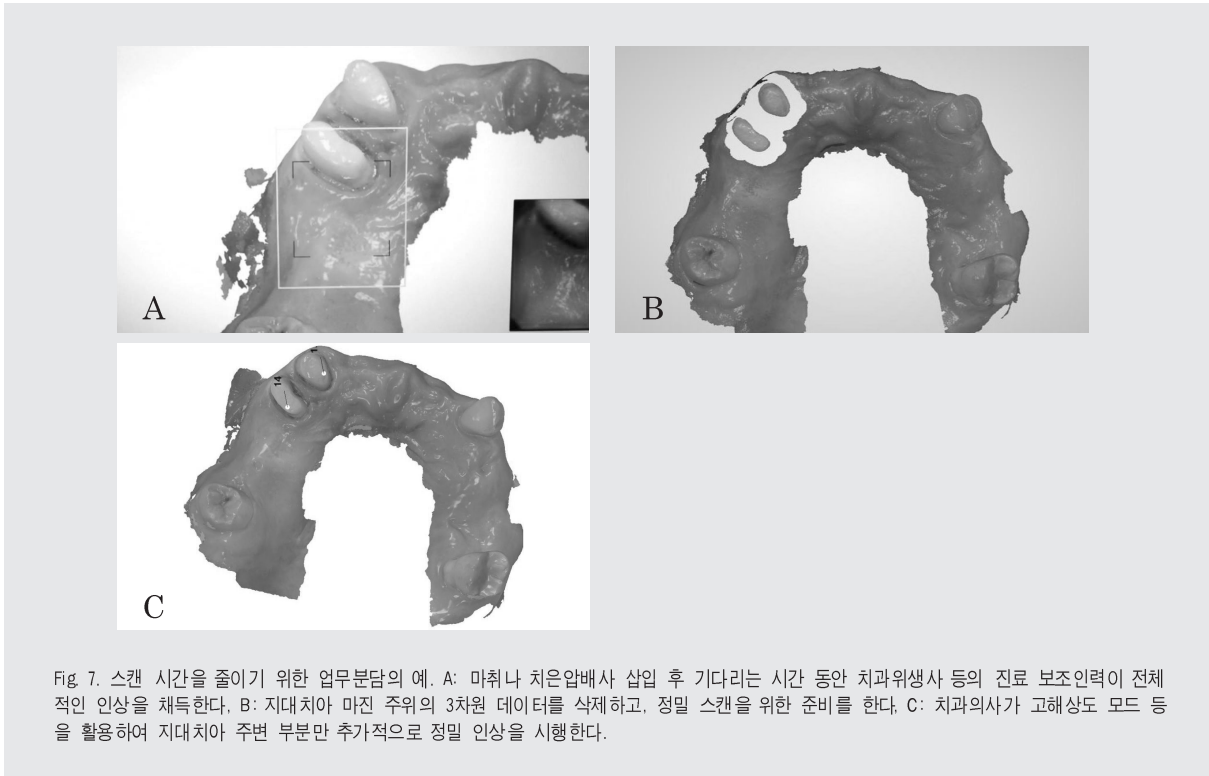


Fig 7. 스캔 시간을 줄이기 위한 업무분담의 예. A: 마취나 치은압배사 삽입 후 기다리는 시간 동안 치과위생사 등의 진료 보조인력이 전체적인 인상을 채득한다. B: 지대치아 마진 주위의 3차원 데이터를 삭제하고, 정밀 스캔을 위한 준비를 한다. C: 치과의사가 고해상도 모드를 활용하여 지대치아 주변 부분만 추가적으로 정밀 인상을 시행한다.

완성했을 때, CAD/CAM 기술이 가진 정확성과 한계를 이해할 수 있을 것으로 생각된다. 본 논문에서는 인상채득부터 보철물 제작까지의 과정에 디지털 작업 흐름(Digital workflow) 개념을 적용한 증례를 바탕으로 하여 진료실에서 직접 캐드 작업을 통해 보철물의 형태를 디자인하여 치과의사의 의견을 반영하는 과정을 다루고자 하였다. 캐드 과정 중에 최종 보철물의 형태와 교합 양상, 마진의 위치 등을 알 수 있기 때문에 보철물 장착 시 조정할 가능성이 있는 부위에 대한 대비를 미리 할 수 있고, 기공소와의 의사소통 또한 효율적으로 이루어질 수 있다는 장점이 있다.

V. Conclusion

디지털 작업 흐름을 따라 수복물을 제작하게 되면, 기공물의 질적 표준화, 치과의사와 기공사간의 효과적이고 객관적인 의사소통, 보철물 또는 모형의 데이터를 영구 보존함으로써 추후에 필요시 치료시간 단축 등의 부가적인 장점이 많다. 따라서 디지털 방식의 보철 과정을 체계적으로 이해하고 이를 적극 활용한다면, 최근 장비 가격의 하락 등으로 점차 보급되고 있는 디지털 치과학에 자연스럽게 가까워질 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Fasbinder DJ. Clinical performance of chairside CAD/CAM restorations. *J Am Dent Assoc* 2006;137:22S-31S.
2. Syrek A, Reich G, Ranftl D, Klein C, Cerny B, Brodesser J. Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *J Dent* 2010;38:553-9.
3. Mörmann WH, Bindl A. The Cerec 3--a quantum leap for computer-aided restorations: initial clinical results. *Quintessence Int* 2000;31:699-712.
4. Garg AK. Cadent iTero's digital system for dental impressions: the end of trays and putty? *Dent Implantol Update* 2008;19:1-4.
5. Hong YS, Park EJ, Kim SJ, Kim MR, Heo SJ, Park JM. Customized abutment and screw-type implant prostheses after cementation based on the digital intra-oral impression technique. *J Korean Acad Prosthodont* 2012;50:67-73.
6. Chua CK, Leong F, Lim CS. *Rapid prototyping: Principles and Applications*. 1st ed. Singapore; World Scientific; 2010. p. 35-300.
7. Han J, Wang Y, Lü P. A preliminary report of designing removable partial denture frameworks using a specifically developed software package. *Int J Prosthodont* 2010;23:370-5.
8. Eggbeer D, Bibb R, Williams R. The computer-aided design and rapid prototyping fabrication of removable partial denture frameworks. *Proc Inst Mech Eng H* 2005;219:195-202.